

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольних робіт з дисципліни

«Вступ до спеціальності»

(для здобувачів вищої освіти спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» заочної форми навчання)
(електронне видання)

ЗАТВЕРДЖЕНО:
на засіданні кафедри
комп'ютерно-інтегрованих
систем управління
Протокол №2 від 27.09.2021 р.

м. Сєвєродонецьк, 2021

Методичні вказівки до контрольної роботи з дисципліни «Вступ до спеціальності» (для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» заочної форми навчання) (*Електронне видання*) / Уклад.: А.А. Асманкіна. – Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2021. – 20 с.

У методичних вказівках викладені матеріали, необхідні для виконання контрольних робіт з дисципліни «Вступ до спеціальності». Методичні вказівки містять в собі необхідні теоретичні відомості за темами контрольних робіт, приклади рішення типових завдань, що дозволяють одержати поглиблене уявлення про суть розглянутого питання, приклади для самостійного освоєння матеріалу заняття, а також список літератури і необхідні довідкові матеріали.

Укладач:

А.А. Асманкіна, асистент

Рецензент:

М.Г. Лорія, д.т.н., професор

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Частотні характеристики

Важливе значення при описуванні лінійних стаціонарних систем (ланок) мають частотні характеристики: Їх отримують при розгляді вимушених рухів системи (ланки) при поданні на її вхід гармонійного сигналу.

Для лінійних систем справедливий принцип суперпозиції, який можна сформулювати таким чином: *реакція системи на декілька одночасно діючих вхідних впливів дорівнює сумі реакцій на кожен вплив окремо*. Це дозволяє обмежитися вивченням систем тільки з одним входом. У загальному випадку рівняння лінійної стаціонарної системи з одним входом можна записати так:

$$(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n) y = (b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m) u \quad (1)$$

Передавальна функція системи рулювання дорівнює:

$$W(p) = \frac{(b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m)}{(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n)} \quad (2)$$

Частотну передавальну функція $W(j\omega)$ одержують із передавальної функції (2) шляхом підстановки в неї $p=j\omega$:

$$W(j\omega) = \frac{(b_0 (j\omega)^m + b_1 (j\omega)^{m-1} + \dots + b_m)}{(a_0 (j\omega)^n + a_1 (j\omega)^{n-1} + \dots + a_n)} \quad (3)$$

Частотна передавальна функція є комплексною функцією від дійсної змінної ω , яка називається частотною. Функцію $W(j\omega)$ можна записати у такому вигляді:

$$W(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega) = A(\omega) \exp(j\varphi(\omega)) \quad (4)$$

де $A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)}$ - амплітудно-частотна характеристика;

$\varphi(\omega) = \arg W(j\omega)$ - фазочастотна характеристика.

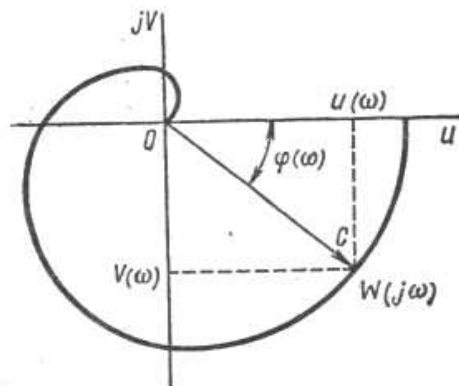


Рис.1. Частотна передавальна функція.

Якщо $|\arg W(j\omega)| \leq \pi/2$, то

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)}.$$

(5)

На комплексній площині (рис. 1) частотна передавальна функція $W(j\omega)$ визначає вектор OC , довжина якого дорівнює $A(\omega)$, а аргумент (кут, утворений цим вектором з дійсною позитивною піввіссю) — $\varphi(\omega)$. Криву, яка описує кінець цього вектора при зміні частоти від 0 до ω (іноді від $-\infty$ до $+\infty$), називають *амплітудно-фазовою частотною характеристикою (АФЧХ)*.

Частотну передавальну функцію будемо називати також *амплітудно-фазовою частотною функцією*. Її дійсну частину $U(\omega) = \operatorname{Re} W(j\omega)$ і уявну частину $V(\omega) = \operatorname{Im} W(j\omega)$ називатимемо відповідно *дійсною та уявною частотною функцією*. Графік дійсної частотної функції (крива залежності $U = U(\omega)$) називають *дійсною частотною характеристикою*, а графік уявної частотної функції — *уявною частотною характеристикою*.

Модуль $A(\omega) = |W(j\omega)|$ називають *амплітудною частотною функцією*, а її графік — *амплітудною частотною характеристикою*.

Аргумент $\varphi(\omega) = \arg W(j\omega)$ називають *фазовою частотною функцією*, а її графік — *фазовою частотною характеристикою*.

Крім перерахованих частотних характеристик використовують ще логарифмічні частотні характеристики (ЛЧХ) — *логарифмічні амплітудні частотні характеристики (ЛАЧХ)* і *логарифмічні фазові частотні характеристики (ЛФЧХ)*.

Назвемо функцію:

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg |W(j\omega)| \quad (6)$$

логарифмічною амплітудною частотною функцією. Графік залежності логарифмічної амплітудної частотної функції $L(\omega)$ від логарифму частоти ($\lg \omega$) називають *логарифмічною амплітудною частотною характеристикою (ЛАЧХ)*. При побудові ЛАЧХ по осі абсцис відкладають частоту в логарифмічному масштабі: на відмітці, що відповідає значенню $\lg \omega$, пишуть значення ω , а не значення $\lg \omega$, а по осі ординат — $L(\omega)$. *Логарифмічною фазовою частотною характеристикою (ЛФЧХ)* називають графік залежності фазової частотної функції $\varphi(\omega)$ від логарифму частоти $\lg \omega$. При його побудові по осі абсцис, як і при побудові ЛАЧХ, на відмітці, що відповідає значенню $\lg \omega$, пишуть значення ω .

Одиницею ЛАЧХ $L(\omega)$ є децибел, а одиницею логарифму частоти в ЛЧХ — декада. Декадою називають інтервал, на якому частота змінюється в 10 разів. При зміні частоти в 10 разів говорять, що вона змінилася на одну декаду.

Вісь ординат при побудові ЛЧХ проводять через довільну точку, а не через точку $w = 0$. Частоті $w = 0$ відповідає нескінченно вилучена точка: $\lg w \rightarrow -\infty$ при $w \rightarrow 0$.

Фізичне значення частотних характеристик полягає у тому, що при гармонійному впливі в стійких системах після закінчення перехідного процесу, вихідна величина також змінюється за гармонійним законом, але з іншими амплітудою й фазою. При цьому відношення амплітуд вихідної й вхідної величин дорівнює модулю, зсув фази - аргументу частотної передатної функції. Отже, амплітудна частотна характеристика показує зміну відносно амплітуд, а фазова частотна характеристика - зсув фази вихідної величини щодо вхідної, залежно від частоти вхідного гармонійного впливу.

З приведеної фізичної інтерпретації частотних характеристик зрозуміло, як будувати їх експериментальним шляхом. Для експериментальної побудови частотних характеристик використовується спеціальна апаратура, до складу якої входить генератор гармонійних коливань з регульованою частотою і пристрій для вимірювання амплітуди й фази коливань.

Частотні характеристики використовують для описування як стійких, так і нестійких систем. Але в останньому випадку вони не мають такого ясного фізичного змісту.

Часові характеристики

Іншою важливою характеристикою автоматичних систем (ланок) є перехідні й імпульсні перехідні функції та їх графіки - *часові характеристики*. Їх використовують при описуванні лінійних систем, як стаціонарних, так і нестаціонарних.

Перехідною функцією системи (ланки) називають функцію, що описує зміну вихідної величини системи (ланки), коли на її вхід подається одинична ступінчаста функція при нульових початкових умовах. Перехідну функцію звичайно позначають $h(t)$. Інакше: *перехідна функція $h(t)$ є функція, що описує реакцію системи (ланки) на одиничну ступінчасту функцію при нульових початкових умовах.*

Аналітично одиничну ступінчасту функцію можна описати таким чином:

$$1(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } t \geq 0; \\ 0 & \text{при } t < 0. \end{cases} \quad (7)$$

Графік перехідної функції - крива залежності функції $h(t)$ від часу t - називають *перехідною або розгінною характеристикою*.

Імпульсною перехідною або ваговою функцією (функцією ваги) системи (ланки) називають функцію, яка описує реакцію системи (ланки) на одиничний імпульсний вплив при нульових початкових умовах; позначають цю функцію $w(t)$. Графік імпульсної перехідної функції називають *імпульсною перехідною характеристикою*.

Перехідну та імпульсну перехідну характеристики називають часовими характеристиками.

При визначенні вагової функції використане поняття одиничного імпульсу. Фізично

одиничний імпульс можна навести як дуже вузький імпульс, який обмежує одиничну площу. Математично він описується функцією $\delta(t)$, яку називають дельта-функцією; дельта-функція є узагальненою функцією.

Перейдемо до визначення дельта-функції та її похідних. При цьому скористаємося тою обставиною, що при вирішенні практичних завдань, як правило, дельта-функція та її похідні зустрічаються тільки на проміжних етапах. В остаточному результаті вони або відсутні, або фігурують під знаком інтегралу в добутку з якою-небудь „звичайною” функцією. Тому немає необхідності відповідати на запитання, що таке дельта-функція, а досить відповісти на запитання, що означає інтеграл від добутку дельта-функції або якої-небудь її похідної і звичайній функції. Керуючись приведеними міркуваннями, дельта-функцію можна визначити так: дельта-функція є функція, що має такі властивості:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = \int_{-\varepsilon}^{\varepsilon} \delta(t) dt = 1 \quad ; \quad (8)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) \varphi(t) dt = \int_{-\varepsilon}^{\varepsilon} \delta(t) \varphi(t) dt = \varphi(0) \quad . \quad (9)$$

Похідні від дельта-функції можна визначити за такими співвідношеннями:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \dot{\delta}(t) \varphi(t) dt = \int_{-\varepsilon}^{\varepsilon} \dot{\delta}(t) \varphi(t) dt = -\varphi(0) \quad ; \quad (10)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta^{(m)}(t) \varphi(t) dt = \int_{-\varepsilon}^{\varepsilon} \delta^{(m)}(t) \varphi(t) dt = (-1)^m \varphi^{(m)}(0) \quad . \quad (11)$$

де ε - довільне позитивне число;

$\varphi(t)$ - звичайна функція, що володіє m -ою похідною;

$\delta^{(m)}(t)$ - m -а похідна за часом від дельта-функції.

Знайдемо зображення за Лапласом від дельта-функції та її похідних. При цьому перетворення Лапласа будемо трактувати як граничне співвідношення:

$$X(s) = \lim_{\varepsilon \rightarrow \infty} \int_{-\varepsilon}^{\infty} x(t) e^{-st} dt$$

Використовуючи співвідношення (8) - (11), неважко одержати:

$$L\{\delta(t)\} = 1, \quad L\{\dot{\delta}(t)\} = s, \quad L\{\delta^{(m)}(t)\} = s^m \quad . \quad (12)$$

Розглянемо лінійне диференціальне рівняння з постійними коефіцієнтами в загальному

вигляді:

$$(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n) y = (b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m) u \quad (13)$$

У зображеннях Лапласа це рівняння приймає вигляд:

$$Y(s) = W(s) U(s), \quad (14)$$

де $W(s) = \frac{(b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \dots + b_m)}{(a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_n)}$ - передавальна функція.

Як легко перевірити, використовуючи (13), рівняння (14) справедливе й у тих випадках, коли $u = I(t)$ або $u = \delta(t)$.

Відповідно до визначення вагової функції при $u = \delta(t)$ змінна $y(t) = w(t)$. Так як $L\{\delta(t)\} = 1$, то рівняння (14) можна записати:

$$L\{w(t)\} = W(s) \quad (15)$$

Таким чином, передавальна функція дорівнює зображенню за Лапласом від вагової функції й відповідно:

$$w(t) = L^{-1}\{W(s)\} \quad (16)$$

Останню формулу можна використати для розрахунку вагової функції.

Установимо зв'язок між ваговою й перехідною функціями. Так як $L\{I(t)\} = 1/s$, то рівняння (14) при $u = I(t)$ приймає вигляд:

$$L\{h(t)\} = W(s) \frac{1}{s}$$

Порівнявши цю формулу з (15), слід відмітити, що $s L\{h(t)\} = L\{w(t)\}$. Так як при нульових початкових умовах добуток зображення та s відповідає диференціюванню оригіналу, то з останньої рівності випливає, що $w(t) = h(t)$. Вагова й перехідна функції, як і передавальна функція, є вичерпними характеристиками системи (ланки) при нульових початкових умовах. За ними можна однозначно визначити вихідну величину при довільному вхідному впливі. Дійсно, виходячи з рівняння (14), за допомогою теореми про згортку (властивість 5 перетворення Лапласу) можемо записати:

$$x(t) = \int_0^t w(t-\tau) u(\tau) d\tau = \int_0^t w(\tau) u(t-\tau) d\tau$$

Ця формула, як і рівняння (14), справедлива тільки при нульових початкових умовах.

Структурні схеми, графи, рівняння й частотні характеристики стаціонарних лінійних систем.

Структурною схемою в теорії автоматичного керування називають графічне зображення математичної моделі автоматичної системи керування у вигляді сполучень ланок. Ланку на структурній схемі умовно позначають у вигляді прямокутника з вказанням вхідних і вихідних координат, а також передавальної функції, яку записують всередині цієї ланки. Іноді замість передавальної функції вказують рівняння або характеристику. Ланки можуть бути пронумеровані, а їх передавальні функції, рівняння або характеристики приведені поза структурною схемою.

Вхідні й вихідні координати записують у вигляді зображень, якщо передавальні функції задають у формі зображень. Якщо ж передавальні функції задають в операторній формі або ланки описують диференціальними рівняннями, то вхідні та вихідні змінні записують у вигляді оригіналу.

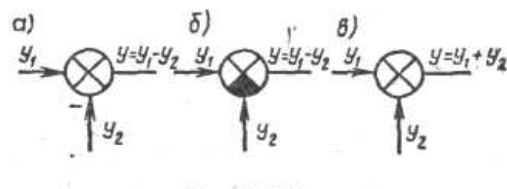


Рис. 2. Суматори

Порівняльні (рис. 2 а, б) і підсумовуючі (рис. 2 в) ланки зображують у вигляді кола, розділеного на сектори. У порівнювальній ланці сектор, на який подається „від’ємний” сигнал; - затемнюють (рис. 2 б) або перед відповідний входом ставлять знак мінус (рис. 2 а).

Структурну схему широко використовують на практиці при дослідженні й проектуванні автоматичних систем керування так як вона дає наочне представлення про зв'язки між ланками, про проходження й перетворення сигналів у системі.

При математичному описуванні автоматичну систему звичайно зображують у вигляді блок-схеми й для кожного „блоку” (елементу) записують рівняння, виходячи з фізичних законів. Структурну схему можна скласти на підставі цієї блок - схеми й отриманих рівнянь або тільки на підставі останніх. Подальші перетворення, необхідні для одержання рівнянь і передавальних функцій системи, простіше робити за структурною схемою.

Ланка на структурній схемі не обов'язково зображує модель якого-небудь окремого елемента. Вона може бути моделлю елемента, з'єднання елементів або взагалі будь-якої частини системи.

Основні правила перетворення структурних схем.

1. *Послідовне з'єднання ланок* (рис. 3 а). При послідовному з'єднанні вихідна величина кожного попередньої ланки є вхідним впливом наступної ланки. При перетворенні структурних схем ланцюг з послідовно з'єднаних ланок можна замінити однією ланкою (рис. 3 б) з

передавальною функцією $W(s)$, яка дорівнює добутку передавальних функцій окремих ланок:

$$W(s) = \prod_{i=1}^n W_i(s) \quad (17)$$

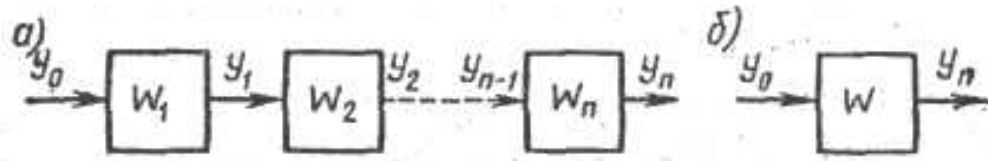


Рис.3. Послідовне з'єднання динамічних ланок.

Запишемо рівняння ланок:

$$y_1 = W_1 y_0, \quad y_2 = W_2 y_1, \dots, y_n = W_n y_{n-1} \quad (18)$$

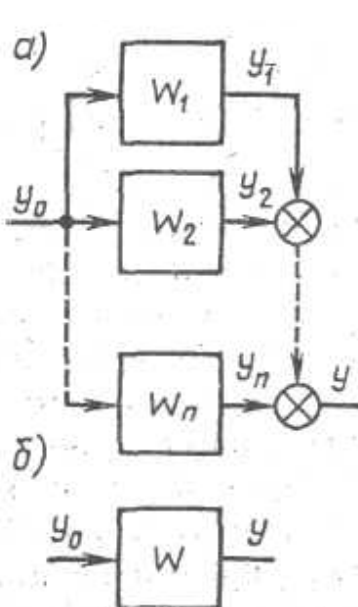
Виключивши з цієї системи змінні $y_1, y_2, y_3, \dots, y_{n-1}$, одержуємо:

$$y_n = W_1 W_2 \dots W_n y_0 \quad (19)$$

звідки

$$W = \prod_{i=1}^n W_i \quad (20)$$

2. Паралельне з'єднання ланок (рис.4 а). При паралельному з'єднанні на вхід всіх ланок подається той самий сигнал, а вихідні величини складаються. Ланцюг з паралельно з'єднаних ланок можна замінити однією ланкою (рис.4 б) з передавальною функцією $W(s)$, рівною сумі передавальних функцій ланок, що до неї входять:



$$W(s) = \sum_{i=1}^n W_i \quad (21)$$

Рис.4. Паралельне з'єднання динамічних ланок.

Для виводу цієї формули складемо рівняння для кожної з ланок:

$$y_1 = W_1 y_0; \quad y_2 = W_2 y_0; \quad \dots; \quad y_n = W_n y_0 \quad (22)$$

Склавши ці рівняння, з урахуванням того, що $y = \sum_{i=1}^n y_i$, одержимо формулу (21).

3. Ланка, охоплена зворотним зв'язком (рис. 5 а).

Прийнято вважати, що ланка охоплена зворотним зв'язком, якщо його вихідний сигнал через яку-небудь іншу ланку подається на вхід. При цьому якщо сигнал y_1 зворотного зв'язку віднімається

із вхідного впливу y_0 , тобто: $e_1 = y_0 - y_1$, то зворотний зв'язок називають негативним..

Рис.5. Ланка, що охоплюна зворотним зв'язком

Якщо сигнал e_1 зворотного зв'язку складається із вхідним впливом y_0 , тобто $e_1 = y_0 + y_1$, то зворотний зв'язок називають позитивним. Розімкнемо зворотний зв'язок перед порівнюючою ланкою (рис. 5 а). Тоді одержимо ланцюг із двох послідовно з'єднаних ланок. Тому передавальна функція W розімкненого ланцюга (рис. 5 а) дорівнює добутку передавальної функції W_n прямого ланцюга й передавальної функції $W_{o.c}$ зворотного зв'язку: $W = W_n W_{o.c}$ (рис. 5 б).

Передавальна функція W_3 замкнутого ланцюга з негативним зворотним зв'язком (ланки, охопленої негативним зворотним зв'язком) дорівнює передавальній функції прямого ланцюга, поділеній на одиницю плюс передавальна функція розімкненого ланцюга:

$$W_3 = \frac{W_n}{1 + W}$$

Для виводу цієї формули запишемо рівняння для кожної ланки:

$$y = W_n e_1 ; y_1 = W_{o.c.} y ; e_1 = y_0 - y_1$$

У цій системі останнє рівняння є рівнянням порівняльної ланки, яке називають рівнянням замикання.

Виключивши змінні e_1 й y_1 з приведеної системи, одержимо рівняння: $y = W_n (y_0 - W_{o.c.} y)$ або $(1 + W_n W_{o.c.}) y = W_n y_0$. Звідси

$$W_3 = \frac{W_n}{1 + W_n W_{o.c.}} = \frac{W_n}{1 + W}$$

Якщо зворотний зв'язок позитивний, то аналогічно одержимо:

$$W_3 = \frac{W_n}{1 - W}$$

Передавальна функція замкнутого ланцюга з позитивним зворотним зв'язком дорівнює передавальній функції прямого ланцюга поділеної на одиницю мінус передавальна функція розімкненого ланцюга. Якщо передавальна функція $W_{o.c} = 1$, то зворотний зв'язок називається одиничним й структурна схема зображується так, як показано на рис. 5 в. Передавальна функція W_3 при цьому приймає вигляд $W_3 = W_n / (1 + W_n)$ при негативному зворотному зв'язку і $W_3 = W_n / (1 - W_n)$ при позитивному зворотному зв'язку.

При перетворенні структурних схем виникає необхідність переносу й перестановки суматорів і вузлів. З'ясуємо, які зміни при цьому потрібно зробити в схемі.

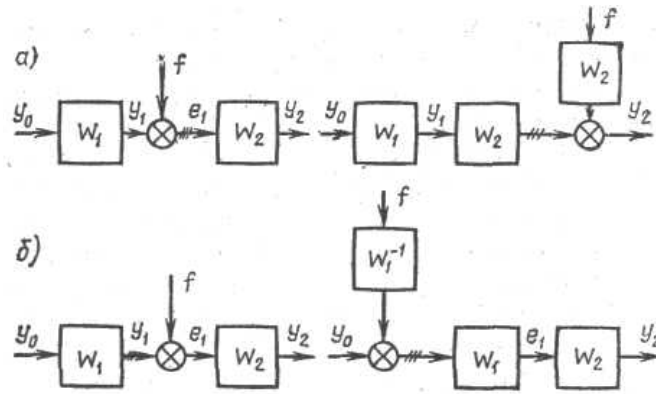


Рис. 6. Перенос суматора.

4. *Перенос суматора* (рис. 6). Легко показати, що при переносі суматора по ходу проходження сигналу необхідно додати ланку з передавальною функцією, рівною передавальній функції ланки, через яку переноситься суматор (рис. 6 а). Якщо суматор переноситься проти ходу сигналу, то необхідно додати ланку з передавальною функцією, рівною зворотній передавальній функції ланки, через яку переноситься суматор (рис. 6 б).

При переносі суматора виникають нееквівалентні ділянки лінії зв'язку. Ці ділянки на рис. 6 заштриховані.

5. *Перенос вузла* (рис. 7 а). При переносі вузла також необхідно додати ланку. Якщо вузол переноситься по ходу сигналу, то додається ланка з передавальною функцією, яка дорівнює зворотній передавальній функції ланки, через яку переноситься вузол (рис. 7 б). Якщо вузол переноситься проти ходу сигналу, то додається ланка з передавальною функцією, яка дорівнює передавальній функції ланки, через яку переноситься вузол (рис. 7 в).

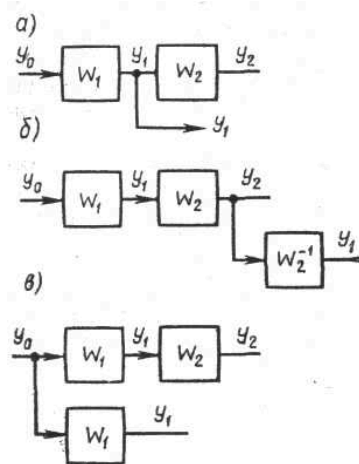


Рис. 7. Перенос вузла.

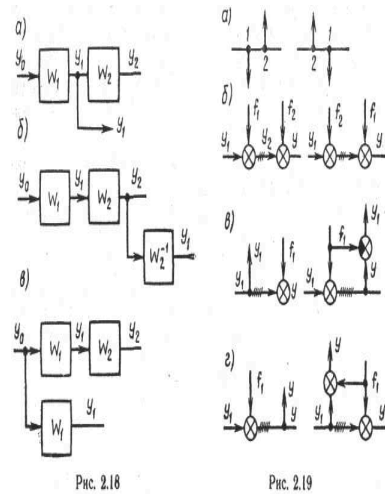


Рис.8. Перестановка вузлів та суматорів.

6. *Перестановка вузлів і суматорів* (рис. 8). Вузли можна переставляти місцями (рис. 8 а). Так саме можна переставляти суматори, не додаючи ланки (рис. 8 б). При перестановці вузла й суматора (перенос вузла через суматор) необхідно додати ланку - підсумовуючу або порівняльну (рис. 8 в, з).

При переносі вузла через суматор, а також при перестановці суматорів виникають нееквівалентні ділянки лінії зв'язку. Ці ділянки на рисунку заштриховані.

Розрахунок передавальної функції одноконтурної системи.

Замкнену систему (структурну схему) називають одноконтурною, якщо при її розмиканні в якій-небудь точці виходить ланцюг з послідовно з'єднаних ланок або ланцюг, що не містить паралельних і зворотних зв'язків.

Розглянемо одноконтурну систему, приведену на рис. 9 а. Знайдемо передавальну функцію по входу g і виходу y . Участок за ходом сигналу від точки прикладення вхідного впливу до точки зняття вихідного сигналу назовемо прямим ланцюгом (рис. 9 а), а ланцюг з послідовно з'єднаних ланок, що входять у замкнений контур (рис. 9 б), - розімкненим ланцюгом.

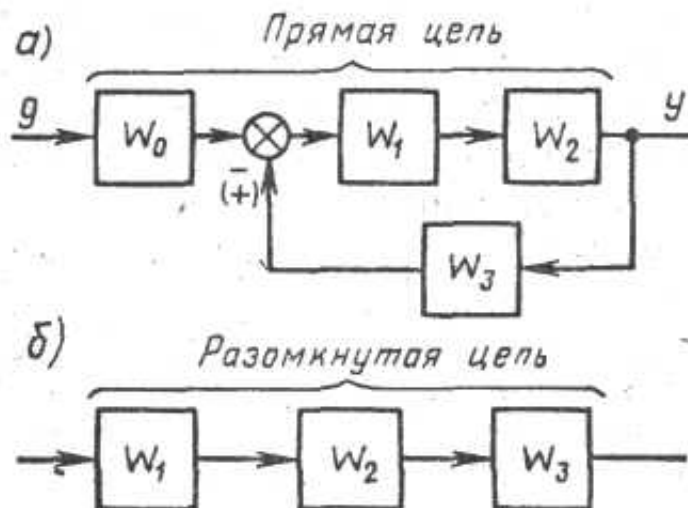


Рис. 9. Визначення передавальної функції одноконтурної системи регулювання.

Як легко перевірити, справедливим є таке правило: *передавальна функція одноконтурної системи з від'ємним (позитивним) зворотним зв'язком дорівнює передавальній функції прямого ланцюга, поділеній на одиницю плюс (мінус) передавальна функція розімкненого ланцюга*

$$W_{yg} = \frac{W_0 W_1 W_2}{1 \pm W_1 W_2 W_3} = \frac{W_n}{1 \pm W},$$

де W_n - передавальна функція прямого ланцюга;

W - передаточна функція розімкненого ланцюга.

Сформульоване правило справедливе для будь-якої одноконтурної системи.

Розрахунок передавальної функції багатоконтурної системи.

Замкнену систему (структурну схему) називають *багатоконтурною*, якщо при її розмиканні одержується ланцюг, що містить паралельні або зворотні зв'язки, або, інакше, замкнену систему називають багатоконтурною, якщо вона крім головного зворотного зв'язку містить місцеві зворотні або паралельні зв'язки. Говорять, що багатоконтурна система має перехресні зв'язки, якщо контур зворотного або паралельного зв'язку охоплює ділянка ланцюга, що містить тільки початок або кінець іншого ланцюга зворотного або паралельного зв'язку (рис. 10 а, б).

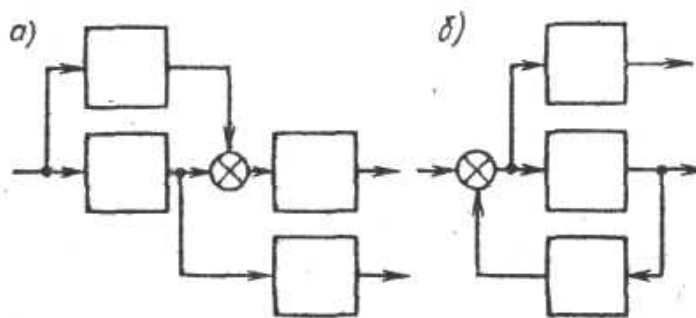


Рис. 10. Структурні схеми багатоконтурних АСР.

Для розрахунку передавальної функції багатоконтурної системи необхідно насамперед перестановкою й переносом вузлів і суматорів звільнитися від перехресних зв'язків. Потім, використовуючи перші три правила перетворення структурних схем, перетворити її в одноконтурну систему, передавальну функцію якої легко знайти відповідно до сформульованого

вище правила. Потрібно мати на увазі, що при перетворенні структурної схеми не можна переносити суматор через точку знімання вихідного сигналу, тому що при цьому точка знімання виявляється на нееквівалентній ділянці лінії зв'язку.

Диференціальні рівняння.

Знаючи передавальні функції системи, неважко записати її диференціальні рівняння. Якщо система має одну керовану величину, то для її повного описування досить мати одне диференціальне, рівняння, що виражає залежність між вихідною й вхідною величинами.

Автоматичні системи з однією керованою величиною називають *одномірними*. У загальному вигляді диференціальне рівняння одномірної системи з двома вхідними величинами, наприклад, вхідним впливом g і збурюючим впливом f , можна записати так:

$$a_0^{(n)} y + a_1^{(n-1)} y + \dots + a_n y = b_0^{(m)} g + b_1^{(m-1)} g + \dots + b_m g + c_0^{(l)} f + c_1^{(l-1)} f + \dots + c_l f$$

Частотні характеристики.

При дослідженні й проектуванні автоматичних систем використовують амплітудно-фазові й логарифмічні частотні характеристики розімкнених систем. Передавальні функції $W(s)$ розімкнених одноконтурних, а іноді й багатоконтурних систем можна перетворити до вигляду:

$$W(s) = \prod_{i=1}^n W_i(s), \quad (23)$$

де $W_i(s)$ - передавальні функції елементарних ланок.

У цьому випадку модулі й аргументи частотних передавальних функцій системи й ланок $A(w) = |W(jw)|$, $A_i(w) = |W_i(jw)|$, $\varphi(w) = \arg W(jw)$, $\varphi_i(w) = \arg W_i(jw)$ відповідно до правила модулів й аргументів комплексних чисел зв'язані між собою співвідношеннями:

$$A(w) = \prod_{i=1}^n A_i(w); \quad (24)$$

$$\varphi(w) = \sum_{i=1}^n \varphi_i(w). \quad (25)$$

Дійсні та уявні частотні функції системи визначаються рівностями:

$$\begin{cases} U(w) = A(w) \cos \varphi(w); \\ V(w) = A(w) \sin \varphi(w). \end{cases} \quad (26)$$

Користуючись отриманими співвідношеннями (24) - (26), можна побудувати АФЧХ. З (23) так як:

$$L(w) = \sum_{i=1}^n L_i(w), \quad (27)$$

де $L(w) = 20 \lg A(w)$ та $L_i(w) = 20 \lg A_i(w)$ - логарифмічні амплітудні частотні функції.

З рівнянь (24) і (27) випливає наступне правило побудови ЛЧХ (ЛАЧХ і ЛФЧХ) систем, передавальні функції яких перетворені до вигляду (23): **будують ЛЧХ окремих ланок і потім їх графічно складають.**

Правило побудови асимптотичної ЛАЧХ.

1. Розраховують сполучені частоти і значення $20lgk$; де k - передавальний коефіцієнт

системи, рівний добутку передавальних коефіцієнтів ланок ($k = \prod_{i=1}^n k_i$).

2. Будують першу асимптоту, яку проводять до першої сполученої частоти через точку з координатами $w=1$ та $L=20lgk$ і з нахилом $-v$ 20 дБ/дек . Тут v дорівнює різниці між числами інтегруючих та диференціюючих ланок.

3. Проводять другу асимптоту від кінця першої асимптоти до другої сполученої частоти. Її нахил змінюється на 20, -20, 40 або - 40 дБ/дек залежно від того, чи є w_i сполученою частотою форсуючої, аперіодичної, форсуючої другого порядку або коливальної ланки відповідно.

4. Будують кожну наступну асимптоту аналогічно другій. Зміна нахилу $(i+1)$ -ї асимптоти залежить від того, яку сполучену частоту має елементарна ланка w_i .

Якщо яка-небудь сполучена частота є кратною і її кратність дорівнює l , тобто є l однакових елементарних ланок, то зміна нахилу при цій частоті в l разів більша, ніж при відповідній простій частоті.

Для коливальних ланок з малим коефіцієнтом демпферування ($\xi < 0,4$) асимптотична ЛАЧХ повинна бути скоректовано навколо сполучуваної частоти за точними формулам або за допомогою кривих виправлень.

Завдання до виконання контрольної роботи з дисципліни
„Вступ до спеціальності ”

1. Система автоматичного регулювання має структурну схему, яка приведена на рис. 1.

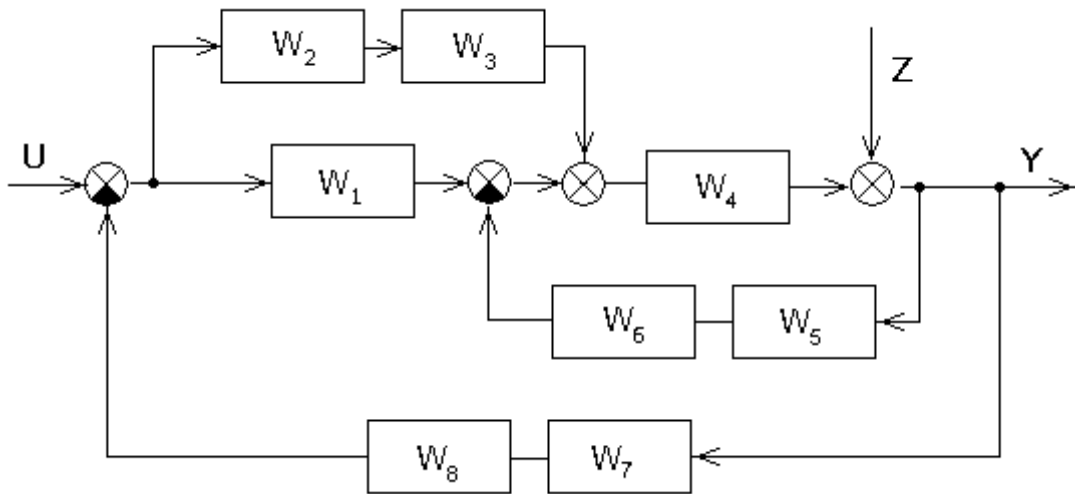


Рис. 1. Структурна схема АСР

Використовуючи правило переносу суматорів та вузлів, перетворити структурну схему.

Знайти передавальні функції системи по каналу $Z \rightarrow Y$, $X \rightarrow Y$.

2. Динамічна характеристика ланки W_4 АСР описується рівнянням:

$$a_4 \frac{d^4 y}{dt^4} + a_3 \frac{d^3 y}{dt^3} + a_2 \frac{d^2 y}{dt^2} + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = b_2 \frac{d^2 x}{dt^2} + b_1 \frac{dx}{dt} + b_0 x$$

З табл. 1, згідно з номером варіанта, вибрати значення коефіцієнтів рівняння динамічної характеристики ланки W_4 та передавальні функції інших ланок АСР.

Отримати вирази передавальних функцій для ланки W_4 та для всієї АСР по каналам $Z \rightarrow Y$ та $X \rightarrow Y$.

3. Отримати рівняння дійсної частотної характеристики, уявної частотної характеристики, амплітудної частотної характеристики, фазової частотної характеристики та логарифмічної амплітудної частотної характеристики для ланки W_4 та для всієї АСР

4. Використовуючи ЕОМ, побудувати графіки частотних характеристик для ланки W_1 та для всієї АСР по каналам $Z \rightarrow Y$, $X \rightarrow Y$.

5. Використовуючи ЕОМ, побудувати графіки перехідних процесів ланки W_1 та всієї АСР за каналами $Z \rightarrow Y$, $X \rightarrow Y$.

Таблиця 1

№ вар	Значення коефіцієнтів рівняння								W_1	W_2	W_3	W_5	W_6	W_7	W_8
	b_2	b_1	b_0	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0							
1	100	50	1	10	150	200	10	1	$1/(2S+1)$	0.9	0.1	1.1	1.9	0.9	1
2	90	40	1	0	150	250	7	1	$1/(3S+1)$	0.8	0.2	1.2	2	0.9	1
3	80	30	1	20	230	280	6	1	$1/(4S+1)$	0.9	0.3	1.3	1.9	0.9	1
4	75	3	1	10	300	270	5	1	$1/(5S+1)$	0.7	0.4	1.4	1.8	0.9	1
5	15	23	1	8	190	210	4	1	$1/(6S+1)$	0.9	0.5	1.5	1.7	0.9	1
6	25	53	1	8	890	20	1	1	$1/(7S+1)$	0.8	0.6	1.6	1.6	0.9	1
7	15	75	1	18	800	110	25	1	$1/(8S+1)$	0.7	0.7	1.7	1.5	0.9	1.1
8	10	90	1	15	700	90	30	1	$1/(9S+1)$	0.8	0.8	1.8	1.4	0.8	1.1
9	20	70	1	12	500	70	50	1	$1/(S+1)$	0.9	0.9	1.9	1.3	0.8	1.1
10	25	65	1	22	120	60	70	1	$1/(2S+1)$	0.7	0.8	1.8	1.2	0.8	1.1
11	35	55	1	32	220	60	70	1	$1/(3S+1)$	0.8	0.7	1.7	1.1	0.8	1.1
12	55	70	1	35	250	50	80	1	$1/(4S+1)$	0.9	0.6	1.6	1	0.8	1.1
13	15	75	1	18	800	110	25	1	$1/(5S+1)$	0.9	0.5	1.5	0.9	0.8	1.1
14	40	40	1	12	180	34	56	1	$1/(6S+1)$	0.8	0.4	1.4	0.8	0.8	1.2
15	30	140	1	9	100	52	15	1	$1/(7S+1)$	0.7	0.3	1.3	0.7	0.7	1.2
16	21	10	1	15	170	75	15	1	$1/(8S+1)$	0.6	0.2	1.2	0.6	0.7	1.2
17	25	70	1	5	310	175	150	1	$1/(9S+1)$	0.8	0.1	1.1	0.5	0.7	1.2
18	20	17	1	25	100	275	100	1	$1/(7S+1)$	0.9	0.2	1	0.4	0.7	1.2
19	10	87	1	15	80	305	90	1	$1/(6S+1)$	0.7	0.3	0.9	0.3	0.7	1.2
20	2	7	1	5	20	105	70	1	$1/(5S+1)$	0.9	0.4	0.8	0.2	0.8	1.2
21	1	17	1	10	10	25	10	1	$1/(4S+1)$	0.7	0.3	0.7	0.1	0.8	1.2

№ вар	Значення коефіцієнтів рівняння								W_1	W_2	W_3	W_5	W_6	W_7	W_8
	b_2	b_1	b_0	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0							
22	12	10	1	20	60	35	36	1	$1/(4S+1)$	0.9	0.6	1.6	1	0.8	1.1
23	9	13	1	27	90	65	16	1	$1/(5S+1)$	0.9	0.5	1.5	0.9	0.8	1.1
24	15	40	1	170	120	195	100	1	$1/(6S+1)$	0.8	0.4	1.4	0.8	0.8	1.2
25	5	10	1	10	200	92	6	1	$1/(7S+1)$	0.7	0.3	1.3	0.7	0.7	1.2
26	8	13	1	16	175	75	16	1	$1/(8S+1)$	0.6	0.2	1.2	0.6	0.7	1.2
27	4	19	1	38	165	95	19	1	$1/(9S+1)$	0.8	0.1	1.1	0.5	0.7	1.2
28	14	9	1	25	195	75	50	1	$1/(7S+1)$	0.9	0.2	1	0.4	0.7	1.2
29	50	29		75	275	165	40	1	$1/(6S+1)$	0.7	0.3	0.9	0.3	0.7	1.2
30	40	21	1	45	285	125	30	1	$1/(5S+1)$	0.9	0.4	0.8	0.2	0.8	1.2
31	10	2	1	75	160	150	35	1	$1/(4S+1)$	0.7	0.8	0.7	0.1	0.8	1.2
32	8	3	1	7	10	75	35	1	$1/(2S+1)$	0.9	0.1	1.1	1.9	0.9	1
33	2	5	1	2	20	65	65	1	$1/(3S+1)$	0.8	0.2	1.2	2	0.9	1
34	12	2	1	1	23	15	95	1	$1/(4S+1)$	0.9	0.3	1.3	1.9	0.9	1
35	6	12	1	2	65	5	35	1	$1/(5S+1)$	0.7	0.4	1.4	1.8	0.9	1
36	6	6	1	3	75	7	30	1	$1/(6S+1)$	0.9	0.5	1.5	1.7	0.9	1
37	60	25	1	2	785	70	20	1	$1/(7S+1)$	0.8	0.6	1.6	1.6	0.9	1
38	15	75	1	18	800	110	25	1	$1/(8S+1)$	0.7	0.7	1.7	1.5	0.9	1.1
39	80	30	1	20	230	280	6	1	$1/(9S+1)$	0.8	0.8	1.8	1.4	0.8	1.1
40	12	10	1	20	60	35	36	1	$1/(S+1)$	0.9	0.9	1.9	1.3	0.8	1.1
41	15	23	1	8	190	210	4	1	$1/(2S+1)$	0.7	0.8	1.8	1.2	0.8	1.1

42	40	40	1	12	180	34	56	1	$1/(3S+1)$	0.8	0.7	1.7	1.1	0.8	1.1
----	----	----	---	----	-----	----	----	---	------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Прод. табл. 1

№ вар	Значення коефіцієнтів рівняння								W_1	W_2	W_3	W_5	W_6	W_7	W_8
	b_2	b_1	b_0	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0							
43	75	3	1	10	300	270	5	1	$1/(6S+1)$	0.9	0.1	1.9	1.6	0.8	1
44	10	90	1	15	700	90	30	1	$1/(7S+1)$	0.2	0.8	2	1.5	0.8	1
45	20	70	1	12	500	70	50	1	$1/(8S+1)$	0.3	0.9	1.9	1.4	0.8	1
46	25	65	1	22	120	60	70	1	$1/(7S+1)$	0.4	0.7	1.8	1.3	0.7	1
47	40	40	1	12	180	34	56	1	$1/(2S+1)$	0.5	0.9	1.7	1.2	0.7	1
48	55	70	1	35	250	50	80	1	$1/(3S+1)$	0.6	0.8	1.6	1.1	0.7	1
49	4	19	1	38	165	95	19	1	$1/(4S+1)$	0.7	0.7	1.5	1	0.7	1.1
50	25	70	1	5	310	175	150	1	$1/(5S+1)$	0.8	0.8	1.4	0.9	0.7	1.1
51	14	9	1	25	195	75	50	1	$1/(8S+1)$	0.9	0.9	1.3	0.8	0.8	1.1
52	12	10	1	20	60	35	36	1	$1/(9S+1)$	0.8	0.7	1.2	0.7	0.8	1.1
53	50	29		75	275	165	40	1	$1/(7S+1)$	0.7	0.8	1.1	1.6	0.9	1.1
54	20	17	1	25	100	275	100	1	$1/(6S+1)$	0.9	0.6	1	1.1	0.9	1.1
55	40	21	1	45	285	125	30	1	$1/(5S+1)$	0.9	0.5	0.9	1.2	0.9	1.1
56	35	55	1	32	220	60	70	1	$1/(4S+1)$	0.8	0.4	0.8	1.3	0.9	1.2
57	10	2	1	75	160	150	35	1	$1/(9S+1)$	0.7	0.3	0.7	1.4	0.9	1.2
58	20	70	1	12	500	70	50	1	$1/(S+1)$	0.6	0.2	0.6	1.5	0.9	1.2
59	15	75	1	18	800	110	25	1	$1/(2S+1)$	0.8	0.1	0.5	1.6	0.9	1.2
60	8	3	1	7	10	75	35	1	$1/(3S+1)$	0.9	0.2	0.4	1.7	0.8	1.2

61	12	2	1	1	23	15	95	12	$1/(4S+1)$	0.7	0.3	0.3	1.8	0.8	1.2
62	2	5	1	2	20	65	65	1	$1/(5S+1)$	0.9	0.4	0.2	1.9	0.8	1.2
63	6	6	1	3	75	7	30	1	$1/(6S+1)$	0.7	0.2	0.1	1.8	0.8	1.2
64	80	30	1	20	230	280	6	1	$1/(4S+1)$	0.9	0.3	1.3	1.9	0.9	1

Прод. табл. 1

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольних робіт з дисципліни

«Вступ до спеціальності»

*Для здобувачів вищої освіти спеціальності 151 – «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
заочної форми навчання
(електронне видання)*

Укладач АСМАНКІНА Анастасія Анатоліївна

Оригінал-макет Асманкіна А.А.

Підписано до друку _____

Формат 60×84¹/₁₆ Папір типограф. Гарнітура Times.

Друк офсетний. Умов. друк. арк. 11,6. Обл.-вид. арк. _____.

Тираж __ прим. Вид. № _____. Замов № _____. Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Адреса видавництва: 93406, м. Сєвєродонецьк, пр. Центральний, 59-а

Телефон: +38(050) 218-04-78, факс (06452) 4-03-42

E-mail: vidavnictvosnu.ua@gmail.com